



#4

35.C15864

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
TAKASHI IKEDA)	Examiner: Unassigned
Application No.: 09/973,057)	Group Art Unit: Unassigned
Filed: October 10, 2001)	
For: MAGNETORESISTIVE)	
ELEMENT, AND MAGNETIC)	
MEMORY USING THE SAME)	December 20, 2001

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicant hereby claims priority under the International Convention and all rights to which he is entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

2000-313566, filed October 13, 2000

A certified copy of the priority document is enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

Attorney for Applicant,

Registration No. _____

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200
226434

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年10月13日

出願番号

Application Number:

特願2000-313566

出願人

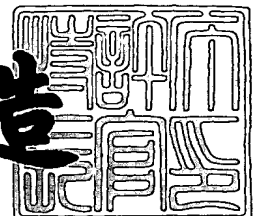
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2001年11月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3096823

【書類名】 特許願

【整理番号】 4328021

【提出日】 平成12年10月13日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G11C 11/15

【発明の名称】 磁気抵抗素子及び該素子を用いたメモリ素子

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

【氏名】 池田 貴司

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】 キャノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【電話番号】 03-3758-2111

【代理人】

【識別番号】 100090538

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 恵三

【電話番号】 03-3758-2111

【選任した代理人】

【識別番号】 100096965

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会
社内

【弁理士】

【氏名又は名称】 内尾 裕一

【電話番号】 03-3758-2111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908388

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗素子及び該素子を用いたメモリ素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも第 1 の磁性層、膜厚が 2nm 以下である第 2 の磁性層、非磁性層、膜厚が 2nm 以下である第 3 の磁性層、第 4 の磁性層が順に積層され、該第 1 の磁性層と該第 2 の磁性層および該第 3 の磁性層と該第 4 の磁性層がそれぞれ交換結合しており、該第 1 の磁性層および該第 4 の磁性層がそれぞれ膜面垂直方向に磁気異方性を有し、かつ該第 2 の磁性層と該第 3 の磁性層が該第 1 の磁性層および該第 4 の磁性層よりも大きなスピン分極率を持ち、該第 1 の磁性層と該第 4 の磁性層からの交換結合力により、該第 2 の磁性層の磁化と該第 3 の磁性層の磁化が膜面垂直方向に配向していることを特徴とする磁気抵抗素子。

【請求項 2】 前記第 2 の磁性層および第 3 の磁性層の膜厚は 0.2nm 以上である請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 3】 前記第 2 の磁性層および第 3 の磁性層の膜厚は、0.5nm 以上 1.5nm 以下である請求項 2 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 4】 前記第 2 の磁性層および第 3 の磁性層が Fe、Co あるいは CoFe からなる請求項 3 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 5】 前記第 1 の磁性層および前記第 4 の磁性層が希土類金属と遷移金属の合金膜である請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 6】 前記第 1 の磁性層および第 2 の磁性層が、Gd、Dy、Tb から選ばれる少なくとも 1 種類の希土類金属と Fe、Co から選ばれる少なくとも 1 種類の遷移金属の合金膜である請求項 5 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 7】 前記非磁性層が絶縁膜から成る請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 8】 前記非磁性層が酸化物から成る請求項 7 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 9】 CoFe からなる磁性層の Co 組成が 20at.% 以上 70at.% 以下である請求項 4 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 10】 CoFe からなる磁性層の Co 組成が 30at.% 以上 50at.% 以下であ

る請求項4に記載の磁気抵抗素子。

【請求項11】 請求項1～10のいずれかひとつに記載の磁気抵抗素子を備えたメモリ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗素子および該素子を用いたメモリ素子に関するものである。特に、磁性層が垂直磁化膜で構成された磁気抵抗素子およびメモリ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

磁気抵抗効果膜は、現在ハードディスクドライブの再生ヘッドに用いられ、高い記録密度をもつハードディスクに必要不可欠なものとなっている。磁気抵抗効果膜の基本構成は、非磁性層を介して磁性層が隣接して形成されたサンドイッチ構造である。再生ヘッドに用いられる磁気抵抗効果膜では、一方の磁性層の磁化方向が固定されている。このため一般的には磁化方向を固定する磁性層に反強磁性層を交換結合させ、その磁性層の磁化方向を反強磁性層の一方向異方性の方向に固定させている。このような膜構成の磁気抵抗効果膜をスピバルブ膜と呼んでいる。また、他方の磁性層の磁化方向は、ハードディスクからの浮遊磁界の方向にならって反転させ、このときの磁気抵抗効果膜の電気抵抗の変化によりハードディスクに記録されている情報を検出する。

【0003】

また、さらに磁気抵抗効果膜は、固体メモリへの応用が検討されている。

【0004】

近年、固体メモリである半導体メモリは情報機器に多く用いられ、DRAM、FeRAM、フラッシュEEPROM等その種類も様々である。これら半導体メモリの特長は一長一短であり、現在の情報機器において要求されるスペックのすべてを満たすメモリが存在しない。例えば、DRAMは記録密度が高く書き換え可能回数も多いが、揮発性であり電源を切ると情報は消えてしまう。また、フラッシュEEPROMは不揮

発であるが消去の時間が長く、情報の高速処理には不向きである。

【0005】

上記のような半導体メモリの現状に対して、磁気抵抗効果を用いたメモリ(MRAM)は、記録時間、読み出し時間、記録密度、書き換え可能回数、消費電力等において多くの情報機器から求められるスペックをすべて満たすメモリとして有望である。特にスピン依存トンネル磁気抵抗(TMR)効果を利用したMRAMは、大きな読み出し信号が得られることから、高記録密度化あるいは高速読み出しに有利であり、近年の研究報告においてMRAMとしての実現性が実証されている。

【0006】

磁気抵抗効果膜の非磁性層として良く用いられる材料にはCuや Al_2O_3 が挙げられる。磁気抵抗効果膜において非磁性層にCu等のような導体を用いたものを巨大磁気抵抗効果膜(GMR膜)といい、 Al_2O_3 などの絶縁体を用いたものをスピン依存トンネル効果膜(TMR膜)という。TMR膜はGMR膜に比べて大きな磁気抵抗効果を示すので次世代の磁気抵抗素子として期待されている。

【0007】

図1(a)に示すように二つの磁性層の磁化方向が平行であると磁気抵抗効果膜の電気抵抗は比較的小さく、図1(b)に示すように磁化方向が反平行であると電気抵抗は比較的大きくなる。

【0008】

MRAMの記録密度を高くするために、素子サイズを小さくしていくと、面内磁化膜を使用したMRAMは反磁界あるいは端面の磁化のカーリングといった影響から、情報を保持できなくなるという問題が生じる。この問題を回避するためには、例えば磁性層の形状を長方形にすることが挙げられるが、この方法では素子サイズが小さくできないために記録密度の向上があまり期待されない。そこで、例えば特開平11-213650で述べられているように垂直磁化膜を用いることにより上記問題を回避しようとする提案がなされている。この方法では素子サイズが小さくなくても反磁界は増加しないので、面内磁化膜を用いたMRAMよりも小さなサイズの磁気抵抗効果膜が実現可能である。

【0009】

垂直磁化膜を用いた磁気抵抗効果膜においての磁化方向と電気抵抗の関係は、面内磁化膜を用いたそれと同様で、図2 (a) に示すように2つの磁性層の磁化方向が平行であると磁気抵抗効果膜の電気抵抗は比較的小さく、図2 (b) に示すように磁化方向が反平行であると電気抵抗は比較的大きくなる。

【0 0 1 0】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように垂直磁化膜を用いた磁気抵抗効果膜は、その素子サイズを微細化できる点で優れている。垂直磁化膜にはPtとCoの人工格子多層膜やCoCr合金あるいは希土類-遷移金属合金等があるが、再生ヘッドやMRAMに用いられる磁気抵抗効果膜としては、その磁化曲線の角型比が1に近いものが好ましく、そのような磁気特性をもつ磁性材料は希土類-遷移金属合金が挙げられる。しかし、この材料においては希土類金属が非磁性層界面に存在するために高い磁気抵抗効果が得られないという問題があった。さらに希土類元素は著しく酸化し易く、特に2つの磁性層の間に配する非磁性層に酸化物を用いた場合、その界面に存在する希土類元素が酸化してしまい、磁性層の磁気特性が劣化したり、非磁性層中に存在していた酸素が拡散し、磁気抵抗効果が低下するという問題があった。

【0 0 1 1】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記問題に鑑みなされたものであり、素子サイズを微細化可能で、且つ高い磁気抵抗効果が得られる磁気抵抗素子を提供することである。

そして、上記目的は、少なくとも第1の磁性層、膜厚が2nm以下である第2の磁性層、非磁性層、膜厚が2nm以下である第3の磁性層、第4の磁性層が順に積層され、該第1の磁性層と該第2の磁性層および該第3の磁性層と該第4の磁性層がそれぞれ交換結合しており、該第1の磁性層および該第4の磁性層がそれぞれ膜面垂直方向に磁気異方性を有し、かつ該第2の磁性層と該第3の磁性層が該第1の磁性層および該第4の磁性層よりも大きなスピン分極率を持ち、該第1の磁性層と該第4の磁性層からの交換結合力により、該第2の磁性層の磁化と該第3の磁性層の磁化が膜面垂直方向に配向していることを特徴とする磁気抵抗素子および該素子を用いたメモリ素子により達成される。

また、前記第2の磁性層および第3の磁性層の膜厚は、磁気抵抗効果膜としての機能を果たすために0.2nm以上、つまり1原子層以上積層されていることが好ましい。

更に、前記第2磁性層および第3磁性層の膜厚は、0.5nm以上1.5nm以下が、最適な磁気抵抗変化率を得る上でより好ましい。

【0012】

また、前記第2磁性層および第3磁性層の材料は、大きなスピン分極率を得るためにFe、CoあるいはCoFeが好ましい。

また、前記第1の磁性層および前記第4の磁性層としては、垂直磁気異方性を示す希土類金属と遷移金属の合金膜が好ましく、具体的には、Gd、Dy、Tbから選ばれる少なくとも1種類の希土類金属とFe、Coから選ばれる少なくとも1種類の遷移金属の合金膜が好ましい。

また、前記非磁性層を絶縁膜、特に、酸化物とすることにより、構成をより大きな磁気抵抗効果を得られるスピン依存トンネル効果膜とすることが好ましい。

また、前記第2磁性層、第3磁性層がCoFeから構成される場合は、最適な磁気抵抗変化率を得るためにCo組成が20at.%以上70at.%以下であることが好ましい。

また、前記第2磁性層、第3磁性層がCoFeから構成される場合は、最適な磁気抵抗変化率を得るためにCo組成が30at.%以上50at.%以下であることが好ましい。

以上の構成により、磁性膜は垂直磁化膜を維持できるため素子サイズの微細化が可能となり、また、高い磁気抵抗効果を得られる磁気抵抗素子およびメモリ素子を提供できる。

【0013】

【発明の実施の形態】

大きな磁気抵抗効果を得るためには、非磁性層の界面付近にスピン分極率の大きな材料を配する必要がある。そのような材料にはFe、CoあるいはCoFe合金が挙げられ、特にCoFe合金は大きなスピン分極率を有する。しかし、これらの材料は単層膜の状態では膜面内方向に磁気異方性を持つため、膜面垂直方向に磁化は安定しない。そこで例えば、垂直磁気異方性を有する磁性層と交換結合させることによってCoFe合金膜の磁化方向を膜面垂直方向に向けることが可能である。

【0014】

図3に本発明の磁気抵抗素子の膜構成の一例を示す。10は基板、21は第1の磁性層、22は第2の磁性層、23は非磁性層、24は第3の磁性層、25は第4の磁性層、26は保護層である。

【0015】

基板には、Si基板やガラス基板等が用いられる。

【0016】

第1の磁性層および第4の磁性層には、垂直磁気異方性を示す磁性体を用いられ、第1の磁性層は第2の磁性層と、第4の磁性層は第3の磁性層とそれぞれ交換結合している。第2の磁性層と第3の磁性層の磁化はそれぞれ第1の磁性層と第4の磁性層からの交換結合力により膜面垂直方向に向けられる。第1の磁性層および第4の磁性層に用いられる磁性材料は、磁気特性から希土類-遷移金属合金が好ましく、特に希土類金属としてGd、DyあるいはTbを用いることが好ましい。

【0017】

非磁性層としては、絶縁膜を用いて、スピントンネル効果を用いた磁気抵抗素子とするのが、抵抗変化率が高いため好ましい。この絶縁膜としては、酸化アルミニウムのような酸化物を用いるのが良い。

【0018】

図4～図7は垂直磁化膜として膜厚30nmの $\text{Gd}_{21}\text{Fe}_{79}$ を用い、これに膜厚の異なる $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金膜を交換結合させた多層膜の磁化曲線を示す。基板には表面を酸化処理したシリコンウエハーを用い、上部保護膜として2nmの膜厚のPt膜を配している。印加した磁界はすべて $\pm 0.16 \text{ MA/m}$ の大きさに、膜面内方向と膜面垂直方向に磁界を印加した場合について、V.S.Mを用いて測定している。図4は $\text{Gd}_{21}\text{Fe}_{79}$ 単層膜の磁化曲線で、膜面垂直方向に磁界を印加した場合には角型の磁化曲線になっている。また、膜面内方向では磁化の変化は確認されなかった。図5は膜厚1nmの $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ と $\text{Gd}_{21}\text{Fe}_{79}$ の交換結合膜の磁化曲線で、図6は膜厚2nmの $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ と $\text{Gd}_{21}\text{Fe}_{79}$ の交換結合膜の磁化曲線である。どちらの磁化曲線においても膜面内方向で磁化の変化が確認されている。また、膜面垂直方向では角型の磁化曲線が得

られている。図7は膜厚3nmの $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ と $\text{Gd}_{21}\text{Fe}_{79}$ の交換結合膜の磁化曲線である。この場合、膜面内方向では比較的小さな磁界で磁化の大きさが飽和しているが、膜面垂直方向においては小さな磁界範囲内では磁化は飽和していない。つまり $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金膜を3nmの厚さにすると $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金膜の磁化は面内方向に向きやすくなり、垂直磁化膜と交換結合させることによって $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金膜の磁化を垂直方向に安定させることは不可能であることが分かる。

【 0 0 1 9 】

図8～図11は垂直磁化膜として膜厚40nmの $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ を用い、これに膜厚の異なるCo膜を交換結合させた多層膜の磁化曲線を示す。図8は $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ 単層膜の磁化曲線で、膜面垂直方向に磁界を印加した場合には角型に近い磁化曲線が得られている。また、膜面内方向では磁化の変化は確認されなかった。図9は膜厚1nmのCoと $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ の交換結合膜の磁化曲線で、図10は膜厚2nmのCoと $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ の交換結合膜の磁化曲線である。どちらの磁化曲線においても膜面内方向で磁化の変化が確認されている。また、膜面垂直方向では $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ 単層膜の場合よりも保磁力の大きさが小さくなっているが、零磁界において磁化の大きさは飽和していて、磁化はどちらか一方の方向に揃っていることが分かる。図11は膜厚3nmのCoと $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ の交換結合膜の磁化曲線である。この場合、膜面垂直方向において零磁界で磁化の大きさが減少しており、磁化は部分的に反転しているか、あるいは傾いていることが分かる。つまりCo膜を3nmの厚さにするとCoの磁化は面内方向に向きやすくなり、垂直磁化膜と交換結合させてもCo膜の磁化を垂直方向に安定させることは困難であることが分かる。

【 0 0 2 0 】

上記のように、 $10^6 \sim 10^7 \text{ erg/cc}$ の大きな垂直磁気異方性を持つTbFe合金膜を用いた場合でも、3nm以上の膜厚を持つ遷移金属膜の磁化方向を膜面垂直方向に向けることは容易ではない。

【 0 0 2 1 】

以上の結果から、磁気抵抗効果膜の非磁性層の界面に配する第2の磁性層および第3の磁性層の膜厚は2nm以下にすることが好ましい。また、第2の磁性層および第3の磁性層の膜厚は少なくとも1原子層以上、つまり0.2nm以上ある必要

がある。

【 0 0 2 2 】

図12は、図13に示した膜構成のスピントンネル磁気抵抗効果膜の磁気抵抗変化率を面内磁化膜の膜厚に対してプロットしたグラフである。抵抗値は直流四端子法を用いて測定している。シリコンウエハー上に形成した膜厚25nmのAlCu合金膜は磁気抵抗効果膜に電流を流すための下部電極31であり、最上部に形成した膜厚50nmのAl膜は上部電極32である。AlCu合金膜の上には磁気抵抗効果膜として膜厚50nmのGdFe合金膜（第1の磁性層21）、第2の磁性層22、2.2nmの Al_2O_3 膜（非磁性層23）、第3の磁性層24、30nmのTbFe合金膜（第4の磁性層25）が順次形成されている。ただし、第2の磁性層と第3の磁性層の膜厚は同じとした。 Al_2O_3 膜界面に面内磁化膜が無い場合、磁気抵抗変化率が3%であるのに対し、Co膜を Al_2O_3 膜界面に配した場合は、その膜厚を0.5nmにすると最も大きな磁気抵抗変化率が得られ、その値は27%まで増加する。また、第2の磁性層および第3の磁性層に $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金を用いた場合は、その膜厚を1nmにすると最も大きな磁気抵抗変化率が得られ、その値は46%である。さらに、Feを用いた場合、磁気抵抗変化率が最大になる膜厚は1.5nmである。つまり、第2の磁性層および第3の磁性層の最適な膜厚はその組成によって異なるが、その膜厚が0.5nm～1.5nmの範囲内で磁気抵抗変化率が最大となる。したがって、第2の磁性層および第3の磁性層の膜厚は0.5nm～1.5nmとすることがさらに好ましい。

【 0 0 2 3 】

図14はCoFe合金膜の組成に対して磁気抵抗変化率をプロットしたグラフである。Co組成が0at.%あるいは100at.%に近いところでは磁気抵抗変化率が急激に減少するが、20at.%～70at.%の範囲では40%以上の高い磁気抵抗変化率が得られている。さらに30at.%～50at.%の範囲で磁気抵抗変化率は最大値の46%を示している。したがって、第2の磁性層および第3の磁性層に用いるCoFe合金膜はCo組成を20at.%以上70at.%以下とすることが好ましく、30at.%以上50at.%以下とすることがさらに好ましい。

【 0 0 2 4 】

次に本発明の磁気抵抗素子をメモリ素子として用いた場合の動作について説明

する。

【 0 0 2 5 】

磁気抵抗素子に記録された情報の検出方法には、大別して絶対検出法と相対検出法の2種類が挙げられる。図16～図19は本発明の磁気抵抗素子をメモリ素子として用いたときの磁界印加方向と磁化方向の様子を示した図であり、図16と図17は相対検出法を説明するものであり、図18と図19は絶対検出法を説明するものである。

【 0 0 2 6 】

まず相対検出法について説明する。第1の磁性層21と第2の磁性層22からなる交換結合膜をメモリ層、第3の磁性層24と第4の磁性層25からなる交換結合膜を検出層とし、メモリ層の保磁力を検出層の保磁力より大きくする。

【 0 0 2 7 】

図16(a)のように上向きに記録磁界+H_wを印加したとき磁気抵抗素子に「1」が記録され、図17(a)のように下向きに記録磁界-H_wを印加したとき「0」が記録される。ただし、記録磁界の大きさはメモリ層の保磁力よりも大きい。記録された情報を検出するときには、例えばまず下向きに検出磁界-H_aを印加し、次いで上向きに検出磁界+H_aを印加する。ただし、検出磁界の大きさはメモリ層の保磁力よりも小さく、検出層の保磁力よりも大きい。「1」が記録されている場合、検出時に各層の磁化方向は、まず図16の(b)のようになり、次いで(c)のようになる。図16(b)においてはメモリ層の磁化方向と検出層の磁化方向が反平行に向いているので、磁気抵抗素子の抵抗は大きな値を示す。また、図16(c)においてはメモリ層の磁化方向と検出層の磁化方向が平行に向いているので、抵抗は小さな値を示す。したがって、「1」が記録されている場合、検出動作によって抵抗が高い値から低い値に変化する。「0」が記録されている場合、図17(b)および(c)に示しているように、検出時に磁気抵抗素子の磁化方向は、平行から反平行に変わる。したがって、磁気抵抗素子の抵抗は小さな値から大きな値に変化する。

【 0 0 2 8 】

つまり、「1」が記録されている場合と「0」が記録されている場合は、検出時に抵抗値の変化の仕方が異なるので、これを検出することによって記録されている情

報を知ることが可能である。

【 0 0 2 9 】

次に絶対検出法について説明する。この場合、第1の磁性層21と第2の磁性層22からなる交換結合膜の磁化反転磁界は非常に大きく、記録磁界ではその磁化方向が反転しない磁化固定層である。図18および図19においては磁化固定層の磁化方向は上向きとしている。第3の磁性層24と第4の磁性層25からなる交換結合膜の磁化反転磁界は記録磁界よりも小さく、以下この交換結合膜をフリー層と呼ぶことにする。記録は、記録磁界を上向きに印加した場合「1」が記録され、下向きに印加された場合「0」が記録される。検出時には上記の相対検出法のように検出磁界は印加せず、磁化方向はそのまま磁気抵抗素子の抵抗値を検出する。磁気抵抗素子に「1」が記録されている場合、図18に示すようにフリー層と磁化固定層の磁化方向は平行であり、抵抗値は低い値を示す。また、「0」が記録されている場合、図19に示すようにフリー層と磁化固定層の磁化方向は反平行であり、抵抗値は高い値を示す。このことから分かるように絶対検出法においては、多数配置された素子の抵抗値に大きなばらつきがあったり、磁気抵抗変化率が小さいと、記録された情報を誤って検出する可能性が高い。

【 0 0 3 0 】

【実施例】

（実施例－1）

チャンバー内を 1×10^{-5} Pa以下まで真空にした後、シリコンウエハー上にマグネトロンDCスパッタリングによって下部電極31として $\text{Al}_{50}\text{Cu}_{50}$ 合金膜を25nmの膜厚で成膜した。第1の磁性層21として $\text{Gd}_{21}\text{Fe}_{79}$ 合金膜を50nm、第2の磁性層22として $\text{Co}_{30}\text{Fe}_{70}$ 合金膜を1nm、非磁性層23として Al_2O_3 を2.2nm成膜した。次いで酸素ガス中で逆スパッタリングし、 Al_2O_3 膜をプラズマ酸化した。さらに、第3の磁性層24として $\text{Co}_{30}\text{Fe}_{70}$ 合金膜を1nm、第4の磁性層25として $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ 合金膜を30nm、保護層26としてPtを2nm順次成膜した。

【 0 0 3 1 】

上記のようにして得られた磁気抵抗効果膜にスピナーにより膜厚約 $1\mu\text{m}$ のレジストを塗布し、アライナーを用いて $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ の正方形のレジストパターン

を形成した。その後、ミリング装置により $\text{Al}_{50}\text{Cu}_{50}$ 合金膜表面まで膜を除去し、連続して絶縁膜 50 として 90nm の Al_2O_3 を成膜し、アセトン中で超音波洗浄することによってレジストとその上部に成膜された Al_2O_3 を除去した。このようにして得られた $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ の大きさの素子の周りの Al_2O_3 にフォーカスイオンビームを用いて 2 つのコンタクトホールを空け、再びアライナーによってパターンニングしたレジストを上部に形成し、その上にスパッタリングによって 50nm の膜厚の Al 膜を成膜した。次いでアセトン中で超音波洗浄することによってレジストおよびその上部に成膜された Al 膜を除去し上部電極 32 を形成した。図 15 はこのようにして作成した素子の断面図である。

【 0 0 3 2 】

上記のようにして作成した素子の抵抗値を直流四端子法で測定したところ、磁気抵抗変化率は 46% であった。

【 0 0 3 3 】

(実施例 - 2)

第 2 の磁性層および第 3 の磁性層として Co を 0.5nm としたこと以外は、実施例 - 1 と同様に素子を作成した。この素子の抵抗値を直流四端子法で測定したところ、磁気抵抗変化率は 27% であった。

【 0 0 3 4 】

(実施例 - 3)

第 2 の磁性層および第 3 の磁性層として Fe を 1.5nm としたこと以外は、実施例 - 1 と同様に素子を作成した。この素子の抵抗値を直流四端子法で測定したところ、磁気抵抗変化率は 9% であった。

【 0 0 3 5 】

〔比較例〕

(比較例 - 1)

チャンバー内を 1×10^{-5} Pa 以下まで真空にした後、シリコンウエハー上にマグネトロン DC スパッタリングによって下部電極 31 として $\text{Al}_{50}\text{Cu}_{50}$ 合金膜を 25nm の膜厚で成膜した。第 1 の磁性層 21 として $\text{Gd}_{21}\text{Fe}_{79}$ 合金膜を 50nm、非磁性層 23 として Al_2O_3 を 2.2nm 成膜した。次いで酸素ガス中で逆スパッタリングし、 Al_2O_3

Al_2O_3 膜をプラズマ酸化した。さらに、第4の磁性層25として $\text{Tb}_{20}\text{Fe}_{80}$ 合金膜を30nm、保護層26としてPtを2nm順次成膜した。第2の磁性層22および第3の磁性層24は形成していない。

【0036】

上記のようにして得られた磁気抵抗効果膜にスピナーにより膜厚約 $1\mu\text{m}$ のレジストを塗布し、アライナーを用いて $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ の正方形のレジストパターンを形成した。その後、ミリング装置により $\text{Al}_{50}\text{Cu}_{50}$ 膜表面まで膜を除去し、連続して絶縁膜50として90nmの Al_2O_3 を成膜し、アセトン中で超音波洗浄することによってレジストとその上部に成膜された Al_2O_3 を除去した。このようにして得られた $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ の大きさの素子の周りの Al_2O_3 にフォーカスイオンビームを用いて2つのコンタクトホールを空け、再びアライナーによってパターンニングしたレジストを上部に形成し、その上にスパッタリングによって50nmの膜厚のAl膜を成膜した。次いでアセトン中で超音波洗浄することによってレジストおよびその上部に成膜されたAl膜を除去し上部電極32を形成した。

【0037】

上記のようにして作成した素子の抵抗値を直流四端子法で測定したところ、磁気抵抗変化率は3%であった。

【0038】

(比較例-2)

第2の磁性層および第3の磁性層として $\text{Co}_{30}\text{Fe}_{70}$ 合金膜を3nmとしたこと以外は、実施例-1と同様に素子を作成した。この素子の抵抗値を直流四端子法で測定したところ、磁気抵抗変化率は2%であった。

【0039】

【発明の効果】

上記のように本発明の磁気抵抗素子およびメモリ素子は、以下の効果を有する。

1. 磁化方向を安定に膜面法線方向に配向できるため素子の微細化が可能である。
2. 非磁性層と接する第2磁性層および第3磁性層に、希土類金属より酸化され

にくく、磁気抵抗変化率の大きな材料を用いることにより、非磁性層に酸素を含有している場合にも磁性層の劣化がなく、比較的大きな磁気抵抗変化率が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

面内磁化膜を用いた従来の磁気抵抗効果膜の磁化方向と抵抗値の関係を説明する図である。

【図 2】

垂直磁化膜を用いた従来の磁気抵抗効果膜の磁化方向と抵抗値の関係を説明する図である。

【図 3】

本発明の磁気抵抗効果膜の膜構成を示す断面図である。

【図 4】

$Gd_{21}Fe_{79}$ 垂直磁化膜の磁化曲線を示す図である。

【図 5】

$Gd_{21}Fe_{79}$ 垂直磁化膜と膜厚1nmの $Co_{50}Fe_{50}$ の交換結合膜の磁化曲線を示す図である。

【図 6】

$Gd_{21}Fe_{79}$ 垂直磁化膜と膜厚2nmの $Co_{50}Fe_{50}$ の交換結合膜の磁化曲線を示す図である。

【図 7】

$Gd_{21}Fe_{79}$ 垂直磁化膜と膜厚3nmの $Co_{50}Fe_{50}$ の交換結合膜の磁化曲線を示す図である。

【図 8】

$Tb_{20}Fe_{80}$ 垂直磁化膜の磁化曲線を示す図である。

【図 9】

$Tb_{20}Fe_{80}$ 垂直磁化膜と膜厚1nmのCoの交換結合膜の磁化曲線を示す図である。

【図 10】

$Tb_{20}Fe_{80}$ 垂直磁化膜と膜厚2nmのCoの交換結合膜の磁化曲線を示す図である。

【図 1 1】

Tb₂₀Fe₈₀垂直磁化膜と膜厚3nmのCoの交換結合膜の磁化曲線を示す図である。

【図 1 2】

面内磁化膜の膜厚と磁気抵抗変化率の関係を示すグラフである。

【図 1 3】

図 8 の関係を調べるのに用いた膜の断面図である。

【図 1 4】

Co組成と磁気抵抗変化率の関係を示すグラフである。

【図 1 5】

実施例および比較例で用いた素子の断面図である。

【図 1 6】

本発明の磁気抵抗素子をメモリ素子に用いた場合の再生原理を説明する図である。

【図 1 7】

本発明の磁気抵抗素子をメモリ素子に用いた場合の再生原理を説明する図である。

【図 1 8】

本発明の磁気抵抗素子をメモリ素子に用いた場合の他の再生原理を説明する図である。

【図 1 9】

本発明の磁気抵抗素子をメモリ素子に用いた場合の他の再生原理を説明する図である。

【符号の説明】

- 1 0 基板
- 2 0 磁気抵抗効果膜
- 2 1 第 1 の磁性層
- 2 2 第 2 の磁性層
- 2 3 非磁性層
- 2 4 第 3 の磁性層

2 5 第 4 の磁性層

2 6 保護層

3 1 下部電極

3 2 上部電極

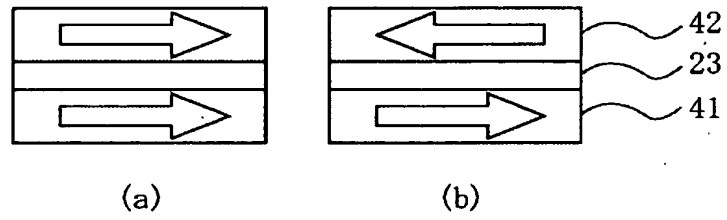
4 1 面内磁化膜

4 2 面内磁化膜

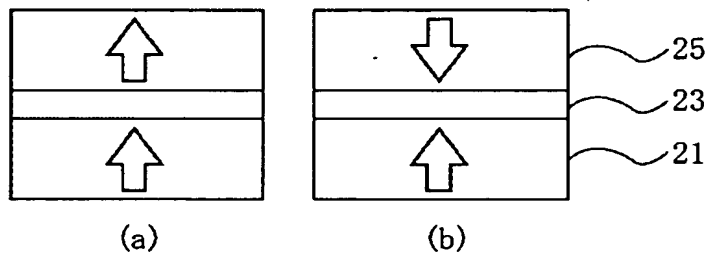
5 0 絶縁膜

【書類名】 図面

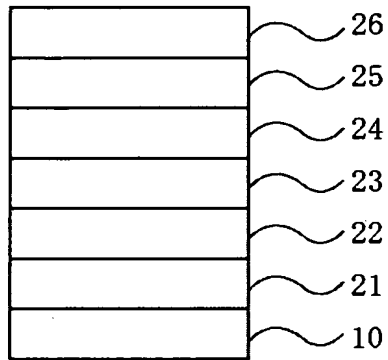
【図 1】



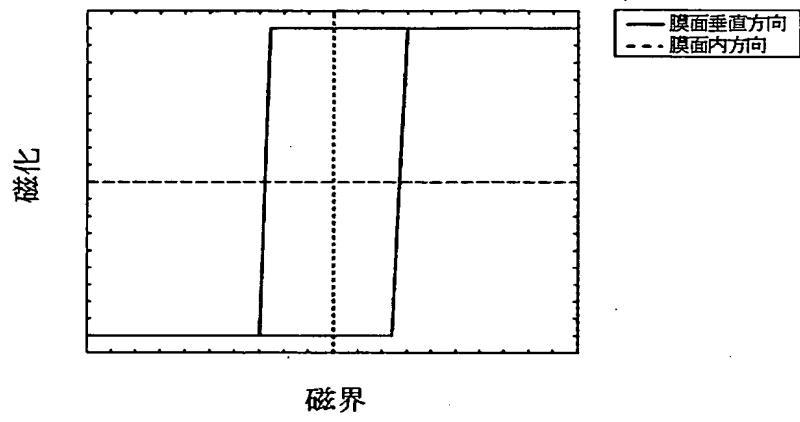
【図 2】



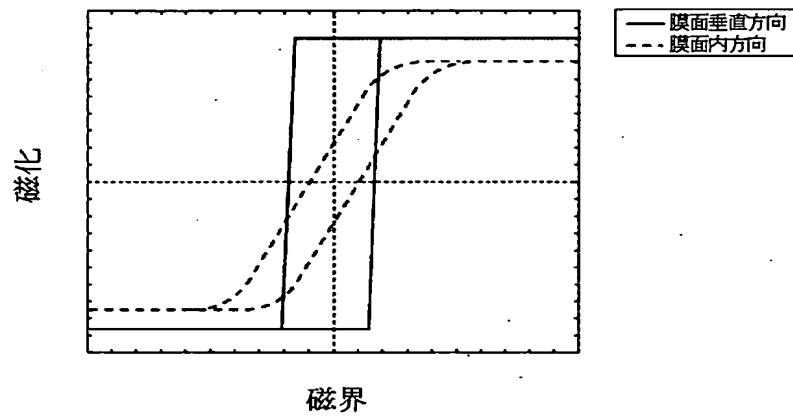
【図 3】



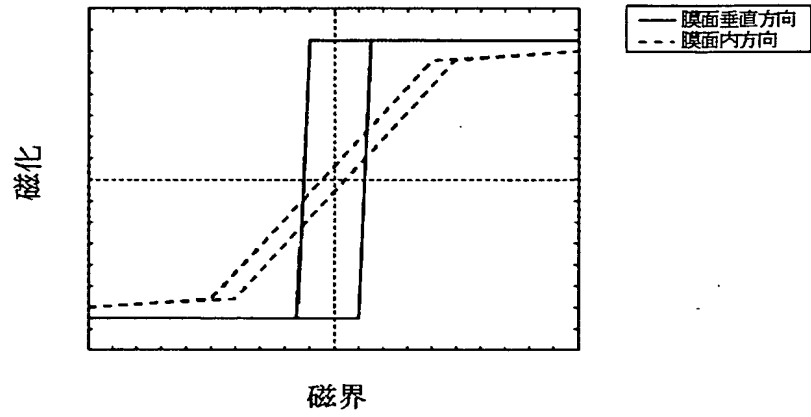
【図 4】



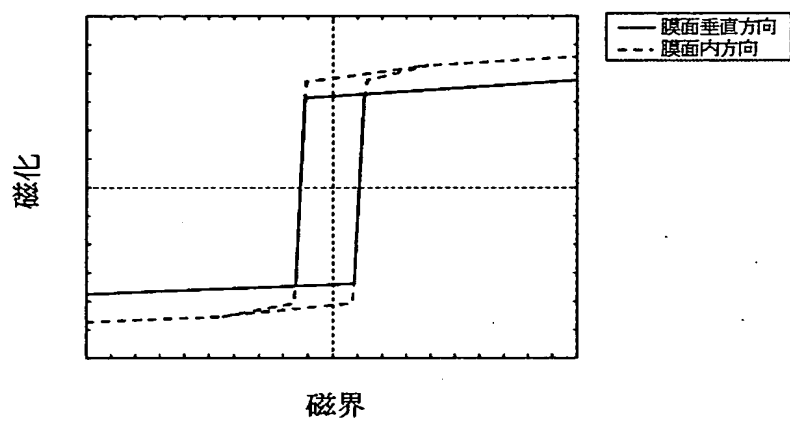
【図 5】



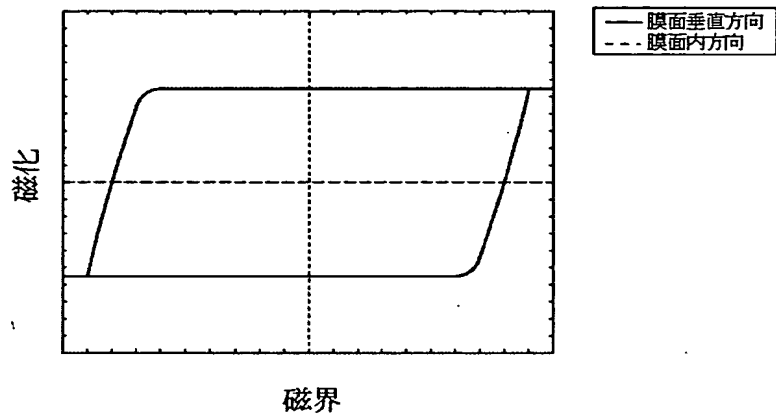
【図 6】



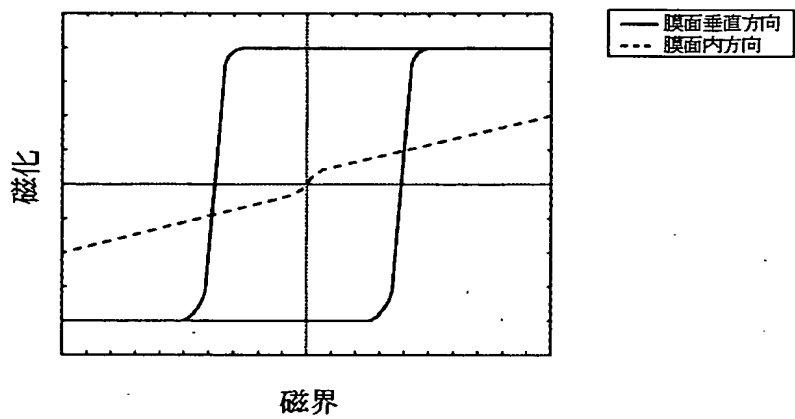
【図 7】



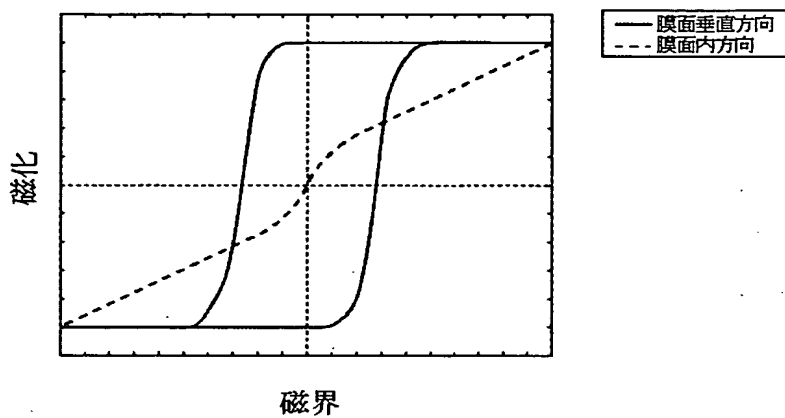
【図 8】



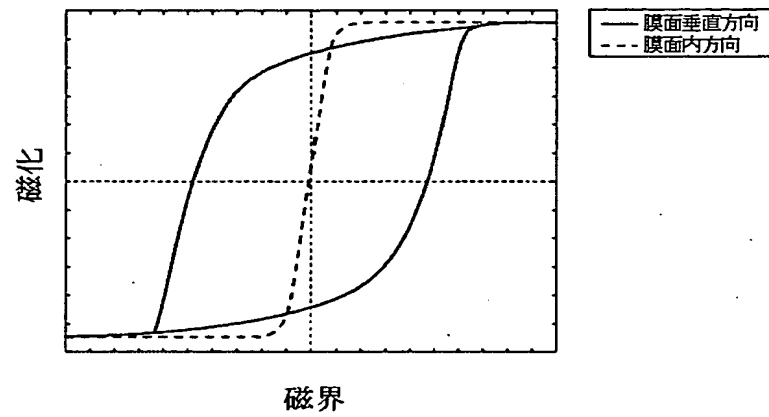
【図 9】



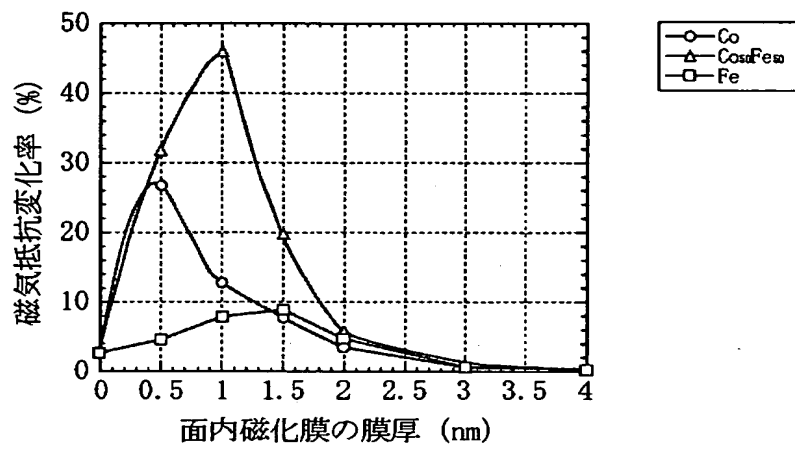
【図 1 0】



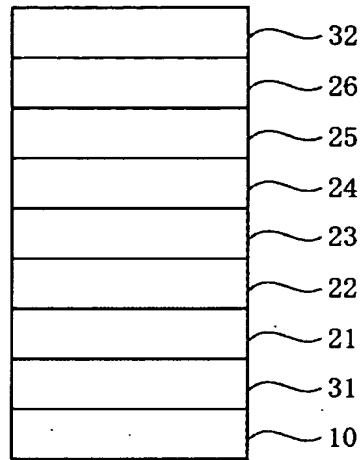
【図 1 1】



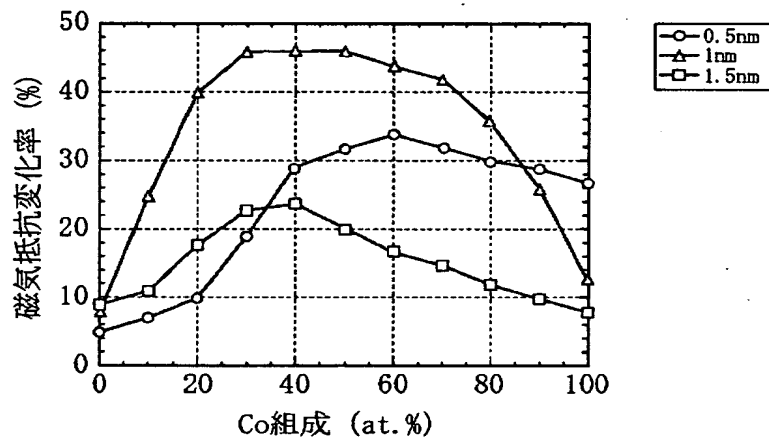
【図 1 2】



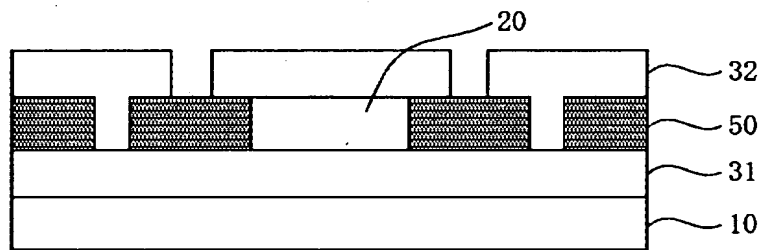
【図 1 3】



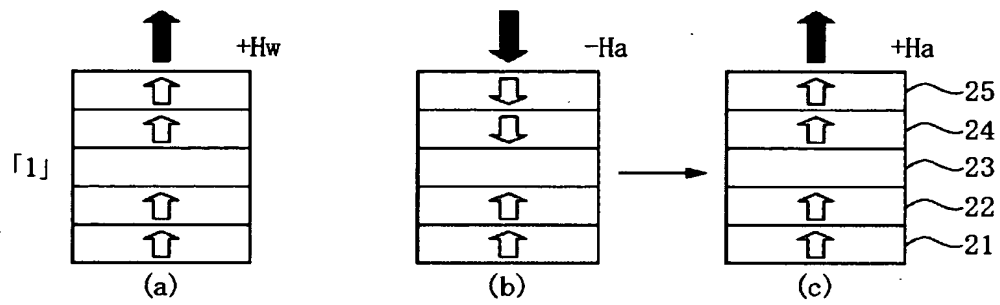
【図 1 4】



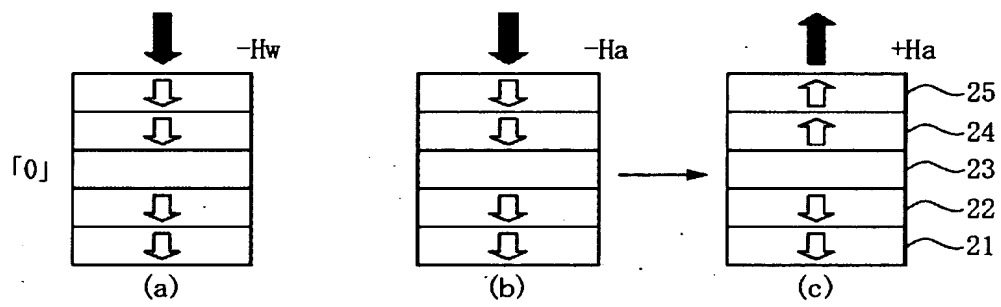
【図 1 5】



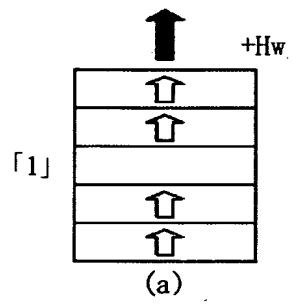
【図 1 6】



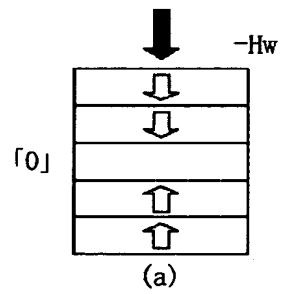
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、比較的大きな磁気抵抗変化率を有し、且つ微細化しても反磁界の増加を抑え、記録保存性の劣化の少ない磁気抵抗素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 第1の磁性層、第2の磁性層、非磁性層、第3の磁性層、第4の磁性層が順に積層された積層膜を有する磁気抵抗素子において、第2および第3の磁性層の膜厚を2nm以下にすると共にスピントラnsfer率の大きな材料を用い、また、第1の磁性層および第4の磁性層に膜面垂直方向に磁気異方性を有する材料を用いて、第1の磁性層と第4の磁性層からの交換結合力により、第2の磁性層の磁化と第3の磁性層の磁化を膜面垂直方向に配向させる。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キャノン株式会社